

地铁车站基坑施工安全技术分析

张 兆

中国水利水电第七工程局有限公司 四川 成都 610000

摘 要:在当下城市交通高速发展的大格局中,地铁凭借大运量、高效率等优势,成为缓解城市交通压力的关键力量。本文围绕地铁车站基坑施工安全技术展开分析,首先阐述了基坑施工安全的重要性,随后深入剖析了地质条件复杂、地下水位高、周边环境敏感及施工工艺复杂等主要安全风险。在此基础上,从基坑支护、降水排水、开挖施工、监测预警和应急处置五个方面,探讨了保障施工安全的关键技术,并展望了智能化、绿色环保、信息化管理及新型材料工艺在该领域的发展趋势。研究旨在为地铁车站基坑施工的安全管控提供技术参考,助力提升工程施工的安全性与可靠性。

关键词:地铁车站;基坑施工;安全技术

引言:随着城市轨道交通的快速发展,地铁车站基坑施工规模不断扩大,施工环境日趋复杂,安全风险问题日益突出。基坑施工过程中,若安全管控不当,可能引发坍塌、涌水、周边建筑物沉降等事故,不仅威胁施工人员生命安全,还会影响工程进度和周边环境。因此,深入分析地铁车站基坑施工的安全风险,研究并应用有效的安全技术,对于保障工程顺利实施、减少安全事故具有重要意义。文章基于此,对地铁车站基坑施工安全技术进行系统探讨,为相关工程实践提供借鉴。

1 地铁车站基坑施工安全的重要性

地铁车站基坑施工作为城市轨道交通工程的关键环节,其安全管理直接关系到工程全局,具有不可替代的重要意义。从人员安全角度看,基坑施工多在地下环境进行,面临坍塌、涌水、管线破裂等风险,一旦发生事故,极易造成施工人员伤亡,给家庭和社会带来沉重负担。从经济层面而言,安全事故不仅会导致工程停工、设备损毁,还可能引发周边建筑物、地下管线的损坏,产生巨额维修费用和赔偿成本,显著增加工程总造价。同时,工期延误可能影响城市交通网络的整体规划进度,对区域经济发展造成间接阻碍。在社会影响方面,地铁作为城市重要的公共基础设施,其施工安全备受公众关注。安全事故的发生会降低公众对工程建设的信任度,甚至引发社会恐慌,影响相关部门公信力^[1]。

2 地铁车站基坑施工的主要安全风险分析

2.1 地质条件复杂带来的风险

城市地质条件的多样性给地铁车站基坑施工带来显著挑战。若施工区域存在软土、砂土、溶洞或断层等复杂地质结构,易引发基坑边坡失稳、坑底隆起等问题。例如,软土具有高压缩性和低承载力特性,在开挖过程

中可能因支护结构受力不均导致变形过大;砂土则可能因渗透水流引发管涌或流砂现象,破坏基坑稳定性。

2.2 地下水位高引发的风险

地下水位过高是基坑施工的常见隐患。当水位高于基坑底面时,水压力可能导致坑壁渗水、管涌或突水,若处理不及时,会造成基坑坍塌。同时,降水过程中若水位控制不当,可能引发周边地层沉降,导致邻近建筑物开裂、地下管线变形。在富水地层中,雨水或地表水的汇入还可能加剧水位波动,增加排水系统的负荷,一旦排水设备故障,极易引发安全事故。

2.3 周边环境敏感导致的风险

地铁车站多位于城市中心区,周边环境敏感且复杂。施工区域常邻近密集的居民区、商业区或既有交通干道,基坑开挖可能引发地面沉降,导致周边建筑物、构筑物出现裂缝甚至倾斜。此外,地下密布的管线(如燃气、供水、电缆)若因施工扰动发生泄漏或断裂,可能引发火灾、停水停电等次生灾害,不仅威胁施工安全,还会影响市民正常生活。

2.4 施工工艺复杂产生的风险

地铁车站基坑施工涉及支护、开挖、降水等多道工序,工艺复杂性易引发安全风险。例如,支护结构施工中若锚杆锚固力不足、钢板桩拼接不严,可能导致基坑变形;开挖过程中若未遵循“分层开挖、先撑后挖”原则,易造成边坡失稳。同时,多工种交叉作业(如机械开挖与人工清底同步进行)可能因协调不当引发碰撞事故,增加安全管控难度。

3 地铁车站基坑施工安全的关键技术

3.1 基坑支护技术

基坑支护技术是地铁车站基坑施工安全的重要保

障,需根据地质条件、周边环境及基坑深度等因素科学选用。常见的支护形式多样,钢板桩支护施工便捷、成本较低,适用于浅基坑或软土地层,但止水效果有限;地下连续墙刚度大、止水性好,能承受较大水土压力,常用于深基坑或邻近重要建筑物的工程,不过造价较高且施工工艺复杂。土钉墙结合预应力锚杆的支护方式,能有效提高边坡稳定性,适用于有一定自稳能力的地层,通过土钉与周围土体的相互作用,形成复合体共同抵抗外力。此外,内支撑体系也至关重要,钢支撑安装拆除方便、可重复使用,混凝土支撑刚度大、变形小,二者可单独或组合使用。在施工过程中,要严格控制支护结构的质量,如地下连续墙的垂直度偏差不得超过规范要求,土钉的注浆压力和注浆量需满足设计标准。

3.2 降水排水技术

降水排水技术对于地铁车站基坑施工安全起着关键作用,能有效降低地下水位,防止基坑涌水、流砂等灾害发生,保障施工的顺利进行。常见的降水方法有管井降水、轻型井点降水等。管井降水适用于渗透系数较大的砂层、卵石层,通过在基坑周围或内部布置管井,利用水泵抽水降低地下水位,其降水深度大、排水量大。轻型井点降水则适用于渗透系数较小的粉土、黏性土,由井点管、集水总管和抽水设备组成,形成降水系统使地下水位下降。排水系统需合理规划,设置排水沟和集水井,将基坑内的积水及时排出。同时,要加强对降水排水过程的监测,实时掌握地下水位变化和排水量情况。若发现地下水位下降异常或排水不畅,应及时分析原因并采取措施,如调整井点间距、清洗滤管等^[2]。

3.3 开挖施工技术

地铁车站基坑开挖施工技术保障施工安全与质量的核心环节,需综合考虑地质条件、支护形式及周边环境等因素。开挖应遵循“分层分段、对称平衡、限时支护”的原则,以控制基坑变形和应力释放。在软土地区,常采用盆式开挖法,先挖除基坑中部土体,保留周边土坡作为临时支撑,待底板浇筑完成后再对称开挖侧壁土方,减少围护结构侧向压力。对于岩质地层,则需结合爆破与机械破碎技术,严格控制爆破参数,避免对周边岩体造成过度扰动。施工机械的选型与配合至关重要,如长臂挖掘机适用于深基坑垂直开挖,而小型反铲挖掘机则用于狭窄区域精细作业。开挖过程中需实时监测土体位移和支护结构变形,当相邻区块高差超过2米时,应暂停施工并调整开挖顺序。同时,加强排水措施,防止基坑积水软化土体,确保开挖面干燥稳定。

3.4 监测预警技术

监测预警技术是地铁车站基坑施工安全的“耳目”,能实时掌握施工动态,提前发现潜在风险并发出警报。监测内容丰富多样,涵盖基坑支护结构位移、内力,如围护桩顶水平位移、钢支撑轴力;周边土体沉降、地下水位变化;以及邻近建筑物、地下管线的变形等。监测手段先进且精准,采用全站仪、测斜仪、水位计等传统仪器,结合自动化监测系统,实现数据的实时采集与传输。同时,运用三维激光扫描、分布式光纤传感等新技术,提升监测的全面性和精确度。依据监测数据,设定科学合理的预警值。当数据接近或超过预警值时,系统立即发出警报,施工方迅速启动应急预案,采取加强支护、调整施工参数等措施。此外,通过对监测数据的长期分析,总结施工规律,优化设计方案和施工工艺,为后续类似工程提供经验参考,不断提升地铁车站基坑施工的安全性和可靠性。

3.5 应急处置技术

应急处置技术是地铁车站基坑施工安全的最后一道防线,关乎人员生命和工程损失控制。施工前需制定全面且针对性的应急预案,明确各类事故的处置流程和责任分工,涵盖基坑坍塌、涌水突泥、管线破裂等常见险情。现场配备充足的应急物资,如速凝水泥、沙袋、钢支撑、大功率抽水泵等,并定期检查维护,确保随时可用。一旦发生险情,立即启动应急响应机制。现场人员迅速撤离至安全区域,同时上报信息。专业应急队伍快速进场,根据事故类型采取相应措施,如基坑坍塌时,用钢支撑和木垛进行临时加固,防止坍塌范围扩大;涌水突泥时,迅速关闭相关阀门,利用抽水泵排水,并用速凝材料封堵渗漏点。事故处置过程中,持续监测周边环境和结构状况,防止次生灾害发生。

4 地铁车站基坑施工安全技术的发展趋势

4.1 智能化技术的应用

在地铁车站基坑施工安全领域,智能化技术的应用正成为重要发展趋势。智能监测系统是关键一环,通过在基坑及周边广泛布置各类高精度传感器,如位移传感器、应力传感器、水位传感器等,可实时、全方位地采集施工过程中的各项数据,并借助无线传输技术将数据迅速反馈至监控中心。利用人工智能算法对这些海量数据进行分析处理,能够精准预测基坑变形趋势、评估安全风险,提前发出预警信息,为施工人员争取宝贵的应对时间。智能施工设备也发挥着重要作用。例如,智能挖掘机可根据预设的施工参数和实时监测数据,自动调整挖掘深度和角度,提高施工精度和效率,减少人为操作失误带来的安全隐患。同时,智能化的支护设备能够

根据基坑受力情况自动调整支护力度,确保支护结构的稳定性。此外,借助虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术,可对施工人员进行沉浸式的安全培训,让他们更直观地了解施工风险和应对措施,提升安全意识和应急处理能力。

4.2 绿色环保技术的推广

在地铁车站基坑施工安全技术发展中,绿色环保技术的推广已成为必然趋势。在基坑降水排水环节,推广使用新型环保降水材料与工艺。例如采用可降解的滤水管,减少传统材料对土壤的长期污染;运用雨水回收系统,将收集的雨水处理后用于基坑降尘、设备清洗等,降低水资源消耗。施工过程中的扬尘和噪声控制也至关重要。安装智能喷雾降尘系统,根据扬尘浓度自动调节喷雾量,有效抑制粉尘扩散;选用低噪声施工机械,并设置隔音屏障,减少对周边居民和环境的干扰。对于基坑开挖产生的土方,推行分类处理与资源化利用。将优质土方用于场地回填或周边绿化,废弃土方则通过技术处理制成建筑材料,如免烧砖等,实现废弃物的减量化和再利用。此外,采用清洁能源供电,如太阳能路灯、风力发电设备等,降低施工过程中的碳排放,推动地铁车站基坑施工向绿色、可持续方向发展。

4.3 信息化管理技术的完善

随着地铁车站基坑施工要求的提升,信息化管理技术的完善成为保障施工安全的重要趋势。在数据集成方面,借助统一的信息化管理平台,将基坑监测数据、施工进度信息、设备运行状态等多源数据进行整合。通过数据清洗、转换和存储,形成全面、准确的数据仓库,为后续分析和决策提供坚实基础。例如,把支护结构应力、地下水位变化等监测数据与施工工序、天气情况等关联分析,能更精准地找出影响基坑安全的因素。在协同管理上,利用信息化技术打破各部门、各工种之间的信息壁垒。通过移动终端和云端协作,施工人员、技术人员、管理人员可实时共享信息、沟通问题。如发现基坑局部变形异常,现场人员能立即上传照片和数据,技术人员远程分析后迅速给出处理意见,提高问题解决效率。此外,信息化管理还能实现施工过程的可追溯性。通过记录每个环节的操作时间、操作人员、操作参数等

信息,一旦出现安全问题,可快速定位原因,明确责任,为施工安全管理提供有力保障。

4.4 新型材料和工艺的研发

在地铁车站基坑施工安全领域,新型材料和工艺的研发正不断推动行业进步。新型材料方面,高强度、轻量化的支护材料不断涌现。例如,新型复合材料支护桩,不仅具备传统钢材的高强度,还重量更轻,便于运输和安装,能有效降低施工难度和成本,同时提高支护结构的稳定性。此外,环保型止水材料也受到关注,如新型水溶性聚氨酯堵漏剂,遇水迅速膨胀,能有效封堵基坑渗漏点,且对环境无污染,符合绿色施工要求。新工艺上,3D打印技术开始应用于基坑支护构件的制作。通过3D打印,可以制造出形状复杂、精度高的支护结构,满足特殊地质条件下的施工需求。还有逆作法施工工艺的不断优化,采用分层逆作、跳仓逆作等方式,减少基坑暴露时间,降低安全风险,同时提高施工效率,为地铁车站基坑施工安全提供更有力的保障^[3]。

结束语

地铁车站基坑施工安全技术是保障城市轨道交通建设顺利推进的关键所在。从智能化技术的精准监测预警,到绿色环保技术的生态友好践行;从信息化管理技术的高效协同管控,再到新型材料和工艺的创新应用突破,每一项技术的发展都为施工安全筑牢了坚实防线。未来,随着科技的不断进步,地铁车站基坑施工安全技术将持续创新升级。我们需紧跟时代步伐,积极推广应用新技术、新材料、新工艺,不断提升施工安全管理水平,确保地铁建设在安全、高效、绿色的轨道上稳健前行,为城市发展注入强劲动力。

参考文献

- [1]张柏平,叶耀东.地铁隧道上方基坑支护与挖土施工[J].建筑技术开发,2021,10(4):145-147.
- [2]刘钊,余才高,周振强.地铁工程设计与施工[M].人民交通出版社,2021:156-157.
- [3]李大勇,龚晓南.软土地基深基坑周围地下管线保护措施の数値模拟[J].岩土工程学报,2022,23(6):736-740.